مشاكل الزراعة المائية Problems of Hydroponic Culture

د. محمد عبد الخالق الحمداني

M.A.AL-Hamdany
mohammed2472010@yahoo.com



يبدو لكثير من المهتمين بالقطاع الزراعي النباتي من أن الزراعة المائية هي أحد التقنيات الحديثة التي تم إبتكارها في أوائل القرن العشرين، ولكن هي غير ذلك ، حيث جاء أو ذكر للزراعة المائية عام 1627 من قبل Francis Bacon في كتابه Sylva Sylvarum الذي نشر بعد سنه من وفاته. أشتهرت الفكرة بعد كتابه بشكل واسع واعتبر أفضل ما نشر عن تلك الفكرة الملاحظة المثيرة للباحث John Woodward عام 1699 حول أحد انواع النعناع (Spearmint) ، عندما قال بأن نظارة نباتات النعناع النامية في ماء غير نقي كانت افضل من نظارة النباتات النامية على مياه عذبة أو نقية ، ونتيجة للتطور الذي كان يهدف إلى تحقيق أفضل نظارة للنباتات المزروعة على الماء بحيث لاتختلف عن نظارة النباتات المزروعة في الحقول على أقل تقدير، فقد وثق لأول مرة عام 1842، من أن هناك تسعة عناصر ضرورية لنمو النباتات ... كما ساهمت إكتشافات النباتيون الألمان Julius Von Sachs و Wilhelm Knop خلال الأعوام 1859-1865 في تطوير تقنية الزراعة بدون تربة . أطلق على زراعة النباتات المزروعة في أواني أو أنابيب

تحوي على محاليل مغذية إسم زراعة المحلول (Solution Culture). يعتبر الأمريكي William Fredrick Gerick أول من شجع على الإنتاج التجاري بتقنية الزراعة المائية ، وقد كان يعمل في جامعة كاليفورنيا في بيركلي الأمريكية عام 1929 . زرع W.F. Gerick نباتاته في طبقة من الرمل كانت مسندة على سطح المحلول المغذي من خلال شبكة تسمح بخروج الجذور من فتحاتها وكانت الجذور تلامس المحلول المغذي. أطلق جيرك على طريقته بـ Aquaculture على إعتبار بأن النباتات التي تعيش على الماء تماثل الأحياء المائية كالأسماك ، ومع ذلك فقد شاع إستخدام مصطلح Hydroponic المقترح من قبل الباحث W.A. Setchell الذي كان يعمل في جامعة كاليفورنيا الأمريكية ، إستنادا إلى المعنى اليوناني لكلمتي... الماء (Hydro) والعمل (ponos). وعلى الرغم من أن تقنية الزراعة بدون تربة يتظمن أنماطا عديدة كالزراعة الرملية وزراعة الأكياس وغيرها ... إلا إن جميع تلك الأنماط يجمعها صفتين أساسيتين وهما عدم وجود تربة ووجود المحاليل المغذية . يعتمد إختيار الشكل أو النمط على عوامل عديدة منها الكلفة والمكان وتوفر المستلزمات والمحاصيل المراد إنتاجها ....يوجد وبشكل مبسط نوعين رئيسين وهما التطويف أي جعل جذور النباتات تطفو على المحلول المغذي (Raft System) والتنقيط (Drip System)حيث يتم تنقيط المحلول المغذي عند كل موقع نبات ، وهو الإسلوب الشائع في الزراعة الرملية (Sand Culture) أو زراعة الأكياس المليئة بنشارة الخشب أو مخلفات مابعد حصاد الحنطة والشعير أو أغلفة حبوب الرز (سبوس)والمعروفة بـ Bag Culture ... أما الإسلوب الأول فهو ما يقصد به عند ذكر الزراعة المائية. تستلم النباتات العناصر الغذائية بطرائق عديدة منها التغذية المتقطعة أو ما يطلق عليها بطريقة المد والجزر (Flow & Ebb System) حيث يتدفق المحلول ليغمر الجذور لفترة زمنية يعقبها سحب المحلول وهكذا.... اوطريقة الفلم التغذوي المائي (Nutrient Film Technique) المعروفة إختصارا بـ NFT ، حيث تلامس أطراف الجذور طبقة المحلول المغذي الموجودة بشكل دائم داخل الأنابيب أو الأحواض.... أو طريقة التضبيب (Fogging Method) وطريقة الضخ الهوائي والمعروفة بـAeroponic حيث تستلم جذور النباتات إحتياجاتها التغذوية من خلال الضخ المستمر من أسفل الجذور أو الضخ المتقطع.

الأعراض المرضية المتوقع ملاحظتها على النباتات خلال مراحل النمو المبكرة

على الرغم من ان اهم مزايا الزراعة المائية ندرة حدوث بعض الامراض التي تسببها ممرضات تعفن الجذور او الذبول، إلا إنها تحصل في كثير من المنظومات نتيجة لأخطاء فنية شخصية غير مقصودة . يفترض بنباتات الزراعة المائية أن يتحقق فيها مواصفات مهمة أهمها نظارة النباتات (Plant Vigor) أي خلو المجموع الخضري من أية أعراض غريبة يكثر وجودها وتكرارها في الزراعات المكشوفة لنفس المحاصيل مثل أعراض نقص العناصر والتجعد وإلتفاف الأوراق والإصفرار والشحوب وتحرق أطراف الأوراق والذبول واللفحة وضعف النمو والتقزم وغيرها ، وذلك لتوفرجميع مستلزمات حماية النباتات من هذه المشاكل سواء من خلال إستخدام المحلول المغذي المناسب ودقة إجراءات الحماية والسيطرة من قبل الكادر المتواجد. يحذر المهتمين بهذا النمط من الزراعة بالفترة الحرجة التي يكثر فيها أو خلالها المشاكل التي لايمكن إغفالها أو إهمالها، والتي تبدأ من نقل البادرات من أماكن نموها سواء داخل المنظومة أم إنها جلبت من خارج المنظومة....لأن جميع الإجراءات المتخذه خلالها لحماية البادرات هي العامل الأساسي الذي يحدد مستقبل هذه البادرات ، لذلك على العاملين أن يراقبوا وتائر نمو هذه البادرات خلال أول إسبوعين ورصد أي حالات غير إعتيادية مرئية فيها والتي قد تكون واحدة أو أكثر من الأعراض أو الحالات التالية التي تتكشف على بعض البادرات أو في المنظومة وقد لا تتجاوز نسبتها 1في البادرات 1-5% ومع ذلك لابد من التخلص منها أو معالجة الخلل تجنبا لإنتشار تلك الأعراض .

1. تغير في نمط النمو

2. إختلاف في حجم المجموع الخضري وطبيعة نمو الشعيرات الجذرية
3. مراقبة قصر وتثخن الجذور الثانوية
4. أشكال وحجوم الأوراق وتتضمن التشوه أو التجعد أو الإلتفاف
5. تغير ألوان الأوراق أو عروقها وسمك الأوراق
6. تكشف مناطق ميته أو بقع على الأوراق
7. موت أطراف أو حافات الأوراق
8. تغير ألوان وأشكال سيقان النباتات
9. عدم إنتظام المسافات الواقعة بين العقد (المسافات البينية) والمعروفة بـ Internodes
10. طبيعة نمو الجذور وألوانها وسمكها ونظارتها وحدوث تلون بني فاتح أو بني غامق.. أو وجود عقد صغيرة جدا إو إنتفاخات صغيرة أو إنسلاخات أو تورمات أو قصر الجذور ...
11. أي إختلافات في مكونات النباتات تبعا للعائل النباتي المزروع...
12. حدوث جروح في قاعدة سيقان النباتات بسبب إحتكاكها بحافات الفتحات المخصصة للنباتات .
13. حالة المحلول المغذي ووجود قطع من الجذور والأوساخ والترسبات
14. نمو الطحالب في الخزانات او السواقي

وكمبدأ عام ايضا في الزراعة المائية، فإن إغفال الأعراض المرضية على البادرات وعدم معالجة أسبابها قد يجعل بقاء النباتات في المنظومة غير مجدي . يفضل أن تكون الكوادر العاملة على علم بالمحصول الذي سيزرع من خلال التعرف على المعلومات التالية:

1. الأصناف المناسبة للزراعة المائية للمحاصيل التي تزرع في المنظومة....
2. وجود مواصفات في نباتات الصنف خاصة بالمقاومة لأمراض صعبة المكافحة إن حدث ودخلت الوحدات اللقاحية لمسبباتهها المنظومة، كالبياض الدقيقي والبياض الزغبي والذبول الوعائي الفطري (الفيوزارمي) أو البكتري والأمراض الفيروسية... أو إعلام الكادر العامل إن كانت الأصناف المزروعة حساسة لمرض أو أمراض معينة لكي يشدد على إجراءات الحماية .. فلو فرضنا إن صنف الخيار المزروع ذو إنتاجية عالية ولكنه حساس للفطر المسبب للبياض الدقيقي.. أو البياض الزغبي فتكون مديات إجراءاتهم الإحترازية تجاه تلك الأمراض شديدة....
3. المواصفات المظهرية لنباتات الصنف المزروع من حيث طبيعة النمو وشكل الأوراق والتزهير وعقد الثمار وأشكال أو ألوان الثمار....
4. الكميات المناسبة من كل مركب لتحقيق أفضل محلول غذائي ..
5. طرائق فحص الأس الهيدروجيني (pH) والتوصيل الكهربائي (Ec) وماذا تعني لهم قيم الإختبارين.... وما هي دلالات تلك القيم....
6. يقوم المزارع أو الجهة الساندة للعمل سواء وزارة الزراعة أو شركات بتزويد الكوادر العاملة بصور واضحة عن :
   أ. أعراض نقص العناصر على نباتات المحصول المزروع.... وهي متوفرة في وسائل عديدة كالمجلات المتخصصة أو من البحث عبر المواقع ...
   ب. الأعراض الأولية للذبول وتعفن الجذور
   ت. يفضل وجود مختبر ملحق مع المنظومة تتوفر فيه مستلزمات الفحص والتشخيص الأولي.. وأجهزة لفحوصات الـ Ec و pH كل يوم....
   ث. مجهر عادي ومجهر مركب ...فضلا عن عدسات مكبرة وأدوات تشريح لفحص النماذج ...

وكما ذكرنا في المقدمة فقد تتكشف أعراض أمراض في جميع انواع او انماط الزراعة المائية سواء في الفلم التغذوي او في أكياس نشارة الخشب او في أكياس القش او في الصوف الصخري(Rockwool) او الحصى (Gravels) ... وقد تزداد خطورتها وإنتشارها في الأنظمة التي تعتمد على تدوير المحاليل المغذية (Recirculate Irrigation System) المستخدمة في تقنية الفلم التغذوي (NFT) . ومما تجدر الإشارة إليه بأن أي تغيير في المجموع الجذري وتحديدا التلون البني الفاتح في بدايته والغامق كحالة متطورة والأسود في الحالة النهائية ،غالبا ما يسهل إكتشافه في المنظومات التي يمكن فيها رؤية المجاميع الجذرية، بينما تصعب رؤية ذلك عندما تكون المجاميع الجذرية داخل الأكياس أو في كتل كبيرة من الصوف الصخري خاصة في مرحلة البادرة ، مما يؤخر التشخيص المبكر إلى أن تنعكس آثاره على النمو الخضري وهو وقت طويل في لغة المختصين بالأمراض النباتية.... لأن تكشف اعراض تعفن الجذور أو تعفن الساق أو الذبول الفطري أو البكتري على النمو الخضري دليل على إستقرار الممرض في جذور ذلك النبات. ... ومن الأخطاء الكبيرة التي تحدث في الزراعة المائية وخاصة داخل منظومة الفلم التغذوي ، إنسداد أنابيب التغذية أو عدم إنتضام عملها ، مما يسبب جفاف الجذور وبالتالي ظهور أعراض الذبول على المجموع الخضري وهو ذبول غير معدي لكنه يسبب مشاكل كبيرة، ومن جانب آخر قد يحدث إنسداد في الفتحة التي يخرج منها المحلول الراجع مما يسبب إختناق الجذور... وبسبب طبيعة الزراعة المائية حيث تتوفر الرطوبة المحيطة بجذور النباتات ، فإن هذه الظروف هي أكثر من المثالية للممرضات البيضية كـ *Pythium* spp. الذي كان يصنف كأحد فطريات المجموعة الطحلبية (Phycomycetes) أو الفطريات البيضية (Oomycetes) قبل أن تنقل من مملكة الفطريات إلى مملكة الكروميستا(Kingdom Chromista) أو Chromalveolata . رصدت أنواع من الجنس المذكور في جذور الخيار والطماطة والفلفل والخس مزروعة بطريقة الفلم التغذوي يليها أنواع من الفطر فيوزاريوم *Fusarium* spp. وأنواع من الفطر المسبب لمرض الأنثراكنوز (Anthracnose) التي تسبب أعراض مرضية محددة على جذور الطماطة تعرف بالنقاط السوداء (Black Dot) . يعتمد تكشف أمراض الجذور على الطريقة المستخدمة في تنمية النباتات، فقد يكثر تكشف بعض الأعراض المرضية عند إستخدام أكياس نشارة الخشب أو بلوكات القش كما هو الحال في أعراض مرض النقاط السوداء في الجذور أو التعفن الأسود في جذور وسيقان الخيار المتسبب عن الفطر *Phomopsis sclerotiodes* مع العلم بأن أعراض هذا المرض لاتتكشف في جذور النباتات النامية في منظومة الفلم التغذوي .... . يمكن القول بأن أكثر أنواع الممرض البيضي *Phytophthora* spp. وخاصة النوع *P. cryptogea* تحدث أضرارا في جذور نباتات الخيار في كل الطرائق.... وقد قدرت النسبة المئوية لتكرار عَزلِه من الجذور المصابة بـ 27 % ، و16% للبكتريا الممرضة *Plectrosphaerella cucumerinum* المسببة لتعفن الجذور و14% للفطر *Rhizoctonia solani* . ومن الجدير بالذكر ، إن فقدان الجذور أو إختزال كفائتها الوضيفية في الإمتصاص يؤثر سلبا على كميات الماء والعناصر الغذائية التي يتطلبها النمو الجيد للنباتات المزروعة ، فضلا عن قيام بعض الممرضات بإفراز سموم مؤثرة على العائل النباتي... إن حصول خلل في قدرة إمتصاص الجذور للعناصر الغذائية قد ينعكس لاحقا على شكل تكشف أعراض مرضية معينة مثل تعفن الطرف الزهري (Blossom End Rot) في أغلب ثمار محاصيل الخضر وتحرق أطراف أوراق بعض العوائل النباتية(Leaf Tip Burn) والإصفرار (Chlorosis) .

إن تركيز هذه المقالة على المشاكل الناجمة عن دخول الوحدات اللقاحية (الأبواغ) أو مصادر التلويث من خلال العاملين والعدد والبادرات أوالأصص أو أي مستلزمات ... لا يلغي قطعا أهمية التوازن والتكامل في تحضير مكونات المحلول المغذي والذي قد يختلف تبعا للمحصول ، كما تعتبر فحوصات درجة التوصيل الكهربائي للمحلول المغذي (Ec) أحد أهم المؤشرات الدالة على نقص العناصر قبل تكشف أعراضها على الأوراق. إن الإدارة الناجحة لابد أن تثقف الكوادر العاملة على أهمية كل عنصر غذائي ويجري تدريبهم على رصد التغيرات الحاصلة على النباتات، فضلا عن الفحص الدوري للأس الهيدروجيني (pH) للمحلول

المغذي على أن يؤخذ النموذج من الراجع وتجنب أخذ النماذج من أنابيب أو حاويات الزراعة خوفا من التلوث. تتعرض منظومات الزراعة المائية إلى مشاكل أخرى غير أمراض الجذور ونقص العناصر مثل:
الطحالب: بسبب تعرض المحلول لضوء النهار من خلال الفتحات المعدة لوضع البادرات ... أو نمو الطحالب على سطوح الصوف الصخري الساند للبادرات أو تعرض خزان الماء للضوء ...
النيماتودا:تدخل النيماتودا من خلال الماء المستخدم لتحضير المحلول المغذي خاصة إن كان الماء يجري من النهر عبر أراضي أو حقول ملوثة ببيوض ويرقات النيماتودا...
ترسب المركبات : تترسب احيانا المركبات المشتركة بتكوين المحلول المغذي بسبب عدم تحريك المحلول لفترة طويلة...
الحشرات الناقلة للممرضات الفيروسية والفايتوبلازما : إن دخول الحشرات الناقلة للفيروسات كالمَن والذبابة البيضاء وكالنطاط الناقل للفايتوبلازما من النباتات المتواجدة خارج المنظومة .. سوف يؤدي إلى تدمير القدرة الإنتاجية للنباتات المزروعة....
وجود أنسجة نباتية في المحلول: تسبب قوة تدفق المحلول المغذي أحيانا ضررا على الشعيرات الجذرية للنبات القريب ، مما يسبب تكسر أجزاء منها وإختلاطها بالمحلول المغذي .

مصادر التلوث

تدخل الوحدات اللقاحية (أبواغ، تراكيب فطرية; كالأجسام الحجرية ، غزل فطري أو خيوط فطرية) إلى منظومات الزراعة المائية عن طريق النوافذ التالية:

1. إستخدام بادرات منقولة من أماكن أخرى قد تكون حاملة لوحدات لقاحية أو يتواجد فيها مناطق إصابة موقعية على الجذور بدون أن تظهر أعراض مرضية على المجموع الخضري، فقد وجد على سبيل المثال بأن هناك بادرات مصابة بالممرض البيضي *Pythium* spp. على بادرات الخس بدون أن تبدو على البادرات أي أعراض مرضية...ومن الأخطاء الشائعة في الزراعة المائية تنمية البادرات في وسط زرعي مكون من الكومبوست أو البتموس .. ثم نقلها لمنظومة الزراعة المائية... مما يجعلها أحد نوافذ دخول الممرضات للمنظومة... لذلك يجب تنمية البادرات في بيئات معقمة ولا تبدو على جذور تلك البادرات أي نوع من المخلفات العضوية العالقة من الوسط الزرعي الذي نمت فيه..
2. الماء المستخدم لتحضير المحلول المغذي ، تُزَوَد أغلب البيوت الزجاجية أو البيوت البلاستيكية بمياه السقي سيحا سواء بشكل مباشر من النهر الرئيسي أو عبر قنوات أرضية تمر بأراضي وحقول كثيرة ، ولذلك فهي أحد أهم منافذ دخول الوحدات اللقاحية لكثير من الممرضات وخاصة تلك التي تمتلك أبواغ سابحة كالممرضين *Pythium* spp. و *Phytophthora* spp. فضلا عن البكتريا والنيماتودا ، كما يلجا بعض العاملين في البيوت الزجاجية خطأ تجميع مياه الأمطار الساقطة على البيوت الزجاجية لأستخدامه في تحضير المحاليل الغذائية وذلك لأن تلك المياه عادة ما تتلوث بالوحدات اللقاحية الساقطة على سطوح تلك البيوت فضلا عن إمكانية تلوث تلك المياه بممرضات تتواجد وحداتها اللقاحية على أجسام كثير من الحشرات الميتة المتواجدة على السطوح. عزلت أنواع من الممرضات *Fusarium* spp. و *Phytophthora* spp. من كثير من الحشرات الميتة وعزل الفطر *F. oxysporum* f. sp. *radices lycopersic*i المسبب لمرض تعفن جذور ومنطقة التاج في الطماطة (Crown&Root Rot Of Tomato) من مياه الأمطار الساقطة على سطوح البيوت الزجاجية في هولندا.
3. تعتبر مشكلة الطحالب النامية في قنوات الزراعة المائية من المشاكل الرئيسية في نسبة عالية من تلك المنظومات ، لأن اسبابها بسيطة وغالبا ما يتغافل عنها العاملون في منظومات الزراعة المائية، ولذلك يجب إختيار العناصر العاملة في منظومات الزراعة المائية على أسس محددة.. وأن يتم

إخضاعهم في دورات تدريبية يديرها متخصصون بوقاية النبات وفسلجة النبات... لأن جميع المشاكل التي ستواجههم تقع ضمن هاذين التخصصين.....

4. الحشرات بشكل عام والحشرات الناقلة والناشرة لكثير من الممرضات الفيروسية التي تدخل للمنظومات خلال الليل عندما تكون هناك إنارة لعدة ساعات ، لذلك لايفضل إنارة المنظومة في الليل منعا لدخول الحشرات وخاصة الصغيرة . ولغرض تقييم كفاءة الأداء للعاملين في غلق جميع منافذ دخول الحشرات ، يجب نصب مصائد حشرات وهي عبارة عن صفائح صفراء اللون مزيتة يجري تعليقها فوق النباتات لكي تجذب إليها الحشرات الداخلة للمنظومة، على أن يقوم العاملون بالتحري عن الحشرات الملتصقة بتلك الصفائح وبشكل يومي وعلى مدار الساعة. يمكن تخطيط مساحة الصفائح لغرض معرفة أعداد الحشرات المصطادة وأنواعها في وحدة المساحة وعلى مدار الساعة، وبذلك فإن هذه الطريقة البسيطة تشكل أحد معاييرتقييم كفاءة الأداء لدى العاملين في المنظومة...
5. الممارسات الخاطئة من قبل العاملون في تلك المنظومات مثل الجمع بين إزالة الأدغال المتواجدة خارج وداخل بناية المنضومة وبين تسليك النباتات أو مسك النباتات بدون تعقيم الأيدي والمعدات لأن أغلب الأدغال قد تكون مصابة بفيروسات . ومن الأخطاء الشائعة في الزراعات المحمية تدخين السكائر من قبل بعض العاملين داخل المنظومات أو حتى خارج المنظومات لأن بعض الفيروسات الممرضة قد تبقى عالقة بين أصابع المدخن. يقوم بعض العاملين بإستمرار بتقطيع النموات الجانبية لأغلب نباتات الخضر وخاصة الطماطة والخيار بغية توجيه العناصر وعدم تشتيت توزيعها ... لذلك فإن لمس النباتات أو إستخدام المقص بدون إجرء التعقيم سيؤدي إلى نشر المسببات. ومن أغرب الأخطاء التي واجهتني مع زميلي الدكتور إبراهيم شعبان السعداوي في إدارة ثلاث بيوت زجاجية ضخمة يتسع الواحد على أكثر من 1200 نبات زرعت بالخيار والطماطة و البطيخ خلال منتصف التسعينات .. ملاحظة أعراض ذبول شديد على نباتات أحد السواقي فقط !!!!!!! . وعند فتح غطاء تلك الساقية.. فوجئنا بوجود المحلول المغذي... وفوجئنا أكثر من وجود كميات كبيرة من الشعيرات الجذرية الميتة طافية ومترسبة في المحلول المغذي (تقنية الفلم التغذوي)... تم فحص نماذج من الجذور الميتة تحت المجهر فلم أجد ما يشير إلى وجود أحد الممرضات النباتية... أكتشفنا لاحقا بأن احد العاملين قد أكتشف بعد عطلة نهاية الإسبوع وجود إنسداد منع المحلول المغذي من التدفق لتلك الساقية مما عرض الجذور إلى الجفاف.. وبدلا من تنضيف الساقية من الجذور الجافة وقلع النباتات ... قام بتصليح الخلل ليتدفق المحلول المغذي جارفا معه كل الشعيرات الجذرية الميتة؟؟؟؟؟؟ .
6. العدد اليدوية المستخدمة كعدم تعقيم العدد اليدوية ومستلزمات المكافحة والملابس والكفوف....

تمثل طرائق تعقيم الأوساط الزرعية المستخدمة في تنمية البادرات قبل نقلها لمنظومة الزراعة المائية أحد المشاكل التي غالبا ما تؤثر سلبا على مستقبل تلك البادرات . يمكن وضع وعاء بلاستيكي يحوي على محلول لمسحوق غسيل مضافا إليه محلول من هايبوكلورات الصوديوم (المستخدم لقصر الألوان) عند بوبة المنظومة لغرض غمر جميع العدد والكفوف والملاقط والسكاكين والبيكرات قبل وبعد الإستعمال حتى لو كانت جميع النباتات الموجودة في المنظومة خالية من اية اعراض مرضية....وكما ذكرنا سابقا ضرورة العاملين في مراقبة النباتات وخاصة خلال أول إسبوعين من نقل البادرات، بغية إكتشاف أي خلل في نمو البادرات أولا ولمراقبة الأوراق الحديثة ، حيث وجد في الخيار على سبيل المثال بأن فيروس التبرقش الأخضر (Cucumber Green Mottle Virus) ينتقل عبر تماس جذور النباتات المصابة مع جذور النباتات السليمة. تبدو أعراض المرض في الأوراق الحديثة على شكل بقع خضراء وخضراء فاتحة أو قد تكون خضراء مصفرة بطيئة التطور بالمقارنة مع بقية الأنسجة الحية وقد تبقى ألوان العروق خضراء ، لذلك فإن مراقبة نمو البادرات سوف يُمَكِن العاملين من تحديد البادرات التي يَتَكَشَف فيها أي نوع من الأعراض المرضية سواء في الخيار أو في محاصيل أخرى. ومن الجدير بالذكر أن نشاط الفيروس الممرض ينخفض

مع تقدم عمر الورقة ولكنه باقي في النبات حيث يسبب سقوط الثمار في بداية العقد أو ما يطلق عليه بإجهاض الثمار(Fruit Abortion).

إنتشار الممرضات بين نباتات الزراعة المائية

يعتمد إنتشار المسببات الممرضة في القنوات أو الأحواض المستخدمة لتنمية النباتات على نوعية الممرضات ، لأن وجود الحالة المائية بشكل مستمر لا يناسب مجاميع عديدة من الممرضات ، بينما تفضل الممرضات البيضية المنتجة للأبواغ السابحة (Zoospores) مثل *Pythium* spp. والـ *Phytophthora* spp. العيش والتكاثر بغزارة في تلك القنوات أو الأحواض إضافة للفطر *R. solani*. يطلق على هذه الممرضات المحبة للماء أو القادرة على النمو والتكاثر في المياه بالأعفان المائية (Water Molds) .وللمقارنة بين قدرات بعض الممرضات في النمو والتكاثر والإنتشار في منظومات الزراعة المائية ، فإن الفطر المسبب لمرض الجذر الفليني (Corky Root Disease) المتسبب عن الفطر *Pyrenochaeta lycopersici* في الطماطة لا تناسبه الأجواء المائية في تقنية الفلم المائي ، بينما تناسب تلك الأجواء الفطر *Didymella lycopersici* المسبب لمرض تعفن ساق الطماطة (Tomato Stem Rot Disease). عزلت فطريات عديدة من جذور كثير من النباتات المصابة شملت أنواع مختلفة من الفطر *Fusarium* spp. و بعض أنواع الجنسين *Verticillium* spp. و *Colletotrichum* spp. فضلا عن البكتريا وبعض الفيروسات والنيماتودا التي يناسب إنتشارها وتكاثرها النظام التدويري (Recirculating System) . تدخل النيماتودا المسببة لأمراض عديدة المنظومة عبر المنافذ التالية:

1. التربة الموجودة في جذور البادرات المنقولة للمنظومة خاصة إن كانت البادرات قد نميت في مزيج من التربة أو البتموس.. كما يشمل ذلك بعض الأقلام التي جرى زراعتها في التربة قبل نقلها للمنظومة...
2. المياه المستخدمة في تحضير المحاليل والتي مرت في طريق وصولها بترب ملوثة.
3. العدد اليدوية والترب الموجودة في أصص بلاستيكية كانت قد زرعت بنباتات لم يجري تنضيفها من الترب .
4. يمكن أن تنتشر النيماتودا وبيوضها عبر العواصف والأنسان أو الحيوانات وكذلك عبر يرقات برغش الفطر (Fungus Gnats) ، وهي حشرة صغيرة تتواجد في الترب العضوية أو المخلفات العضوية حيث تقتات يرقاتها على الفطريات ويرقات النيماتودا وبذلك تدخل المحلول المغذي .

ولخطورة تلوث المنظومة ببيوض أو يرقات النيماتودا ، لابد معرفة بعض الحقائق البسيطة عن هذه الممرضات حيث عادة ما يكون تواجدها في الزراعة المائية على شكلين:

أ. داخل أنسجة الجذور ولها القابلية على أن تتواجد في المحلول المغذي خلال دورة حياتها..

ب. خارج أنسجة النبات لكنها تتغذي على أنسجة الجذور.

أما الأنواع المرشحة للتواجد في الزراعة المائية فهي على التوالي :

1. نيماتودا تعقد الجذور (Root Knot Nematodes) التي تتكشف أعراضها على جذور النباتات بهيئة عقد أو تورمات تكون صغيرة جدا في بدايتها لكنها تكبر حيث تبدو الجذور الثانوية مفصصة ومتضخمة نتيجة لتكون الخلايا العملاقة... تبدو النباتات المصابة متقزمة بالمقارنة مع النباتات المتواجدة في مواقع أخرى...
2. نيماتودا إنسلاخ الجذور(Root Lesion Nematodes) التي تسبب تلون بني محمر على بعض أجزاء الجذور ، بينما تبدو علامات التقزم على النباتات المصابة يصاحبه إصفرار الأوراق...
3. النيماتودا الأبرية (Needle Nematodes) والتي تسبب تثبيط عملية إستطالة الجذور وبذلك تكون الجذور قصيرة .. مع إنتفاخ نهايات الجذور لتتكون أشكالا أشبه بشوكة الطعام...
4. النيماتودا الحلزونية (Spiral Nematodes) التي تُحدِث مواقع إصابة على طول الجذر مع تقزم الجذور المصابة حيث تبدو أقصر من الجذور السليمة. ومن الجدير بالذكر بأن هناك مخاوف أخرى تصاحب وجود النيماتودا في المنظومة وهي قدرة بعضها على نقل عدد من الفيروسات الممرضة للنبات ، كما إن أغلب الجذور المصابة بالنيماتودا عادة ما تكون أكثر إستعدادا للإصابة بممرضات تعفن الجذور أو الذبول لتوفر منافذ لدخول العائل...

كيفية إدارة الأمراض النباتية في منظومة الزراعة المائية

على الرغم من إن ما نذكره تحت هذا العنوان قد أُشير إليه بين سطور المقالة المذكورة وفي مناطق متفرقة ، فإن إدارة الأمراض النباتية في جميع المنظومات التي لاتستخدم تربة تهدف إلى:

أولا: منع دخول الكائنات الممرضة للنباتات بجميع الوسائل وإعتبار المنظومة منطقة محرمة على مثل تلك الممرضات ويتضمن كذلك قتل جميع الأدغال المتواجدة بشكل طبيعي حول المنظومات .

ثانيا: تجنب أي خسارة في الحاصل بسبب أي خلل في المحاليل المغذية أو الظروف البيئية أو عوامل أخرى .....

ولما كانت الأعراض المرضية التي قد تتكشف على الأوراق يمكن ملاحظتها وهي في بدايات تكشفها ، فإن حدوث أي إصابة في المجموع الجذري قد يُغفَل عنها في بدايات حدوثها بسبب عدم إنعكاس ذلك على النمو الخضري ، لذلك فسيتم التركيز هنا على كيفية التعامل مع الأمراض التي تستهدف مسبباتها المجموع الجذري وفق الشروط التالية:

1. التأكد من خلو الماء المستخدم في تحضير المحاليل الغذائية خالي من أي مسببات ممرضة... من خلال إختبارات متكررة في مختبر أمراض النبات ...ولغرض التأكد من خلو المياه الداخلة لأحواض المحاليل المغذية، لابد من مرورها عبر مرشحات تمنع مرور الوحدات اللقاحية لجميع الممرضات التي يتوقع دخولها للمنظومة...
2. التأكد من عدم دخول أي بادرات مصابة .. على أن تكون البادرات قد أنتجت ونمت في ظروف خالية تماما من أي مسببات ممرضة سواء حية أو غير حية مثل الإجهادات البيئية والتغذوية ، ويفضل أن تكون جذور البادرات الداخلية خالية من أي تربة.

3. السيطرة على مداخل المنظومة وغلق كل المنافذ التي تدخل منها الحشرات الصغيرة مع نصب مصائد داخل المنظومة مهيئة لجذب الحشرات الداخلة وخاصة المن والذبابة البيضاء ، مع مراقبة الحلم .
4. منعا لإنتشار الوحدات اللقاحية من أحد جذور نبات محدد لبقية الجذور يجب إمرار المحلول الراجع للخزان بمرشحات خاصة لمنع الوحدات اللقاحية من الذهاب للخزان عند إستخدام النظام التدويري في التغذية، كما يمكن تعقيم المحلول الراجع بتقنيات أخرى مثل الحرارة أو الأوزون أو الأشعة الفوق بنفسجية أو بيروكسيد الهيدروجين . ومن الجدير بالذكر بأن تعقيم المحلول الراجع غالبا ما يكون سهلا عند إستخدام الصوف الصخري أو بلوكات الإسفنج في إحتضان البادرات ، لأن كمية المحلول الراجع يكون قليلا بالمقارنة مع كميته في نطام التطويف أو الفلم التغذوي ....
5. توضيف تقنية المكافحة الإحيائية لمنع نشاط ممرضات الجذور من خلال إستخدام عوامل مكافحة من البكتريا الومضية *Pseudomonas fluorescence* أو *Bacillus subtilis* أو أنواع وسلالات من الفطر *Trichoderma* spp. يمكن توضيف تلك التقنية لحماية الجذور من أي إحتمال لإنشاء مواقع إصابة على الجذور من قبل الممرضات.
6. يمكن إستخدام محفزات النمو إن كانت متوفرة لأنها تساعد على تحسين نمو المجموع الجذري في بداية نقل البادرات للمنظومة...
7. قد يكون إستخدام المبيدات الفطرية ضرورة قصوى في حالة إغفال تفشي حالة مرضية بشكل سريع بسبب فقدان الرقابة أو بسبب تلوث المحلول المغذي ... ولكن يفضل اللجوء إليه فقط في حالة زراعة نباتات الزينة وليس محاصيل الخضر قدر الأمكان إلا إذا توفرت مبيدات فطرية آمنه... وقديكون إستخدام المبيدات الفطرية الحل الوحيد عند حدوث إصابات عديدة للبادرات . يفضل إستخدام إسلوب المد والجزر في غمر الجذور بالمحلول الحاوي على المبيد الفطري ...وللتخلص من آثار الإصابة يفضل التخلص من الجذور المصابة أولا وبطريقة تمنع حدوث التلوث... ثم بعد ذلك يتم التخلص من بعض أوراق النباتات لإحداث توازن بين المجموع الجذري والنمو الخضري... يتم التخلص من محلول المبيد... ثم تغمر الجذور بالماء العادي عدة مرات للتخلص من بقايا المبيد قبل معاودة ضخ المحلول المغذي....

ومن خلال عملي مع الزميل د. إبراهيم شعبان السعداوي تخصص فسلجة نبات في منظومات الفلم التغذوي المائي (NFT) لزراعة الخيار والطماطة والبطيخ والشليك والخياروفي الزراعة الرملية لزراعة البطاطا والخيار في العراق ، وَجَدتٌ بأن مسبب مرض البياض الزغبي وهو أخطر أمراض الخيار لم يتمكن من أن يُنشِأ موقع إصابة على أوراق الخيار داخل تلك المنظومات على الرغم من تكرار التلويث الإصطناعي أولا ، ووجود مستويات عالية من الإصابة على نباتات الخيار المزروعة في البيوت اللاستيكية المجاورة للمنظومة، مع العلم بأن الأصناف المزروعة لم تكن أصناف مقاومة للممرض المسبب ، بل إن فقدان الرطوبة العالية في البيت الزجاجي بسبب إقتصار الرطوبة على المجاميع الجذرية مع وجود ممرات مبلطة بالكونكريت بين الأحواض أو أنابيب الزراعة أو بلوكات البناء حيث الزراعة الرملية قد جعل الظروف البيئية وخاصة إنعدام الرطوبة غير مشجع لحدوث أو تطور إصابة بالمقارنة مع الرطوبة العالية التي عادة ما تكون في البيوت البلاستيكية.

ولغرض إلقاء المزيد من الضوء على طرائق تعقيم المحلول المغذي في الأنظمة التدويرية بشكل خاص ولجميع منظومات الزراعة بدون تربة بشكل عام نستعرض أدناه بعض الطرائق التي قد يلجأ إليها العاملون :

أولا: كما ذكرنا سابقا بأن كمية المحلول المغذي الداخل للمنظومة يعتمد على الطريقة المتبعة في إحتضان البادرات ، حيث تكون الكميات الداخلة قليلة عندما تحضن البادرات والنباتات بالصوف الصخري أو قطع

من الإسفنج ، بينما تكون الكمية كبيرة عند تقنية الفلم التغذوي (NFT) أو مسك البادرات والنباتات عبر قطع من المطاط، ولذلك يمكن تعقيم المحلول المغذي وفق الطريقة التالية:

1. تجميع المحلول الراجع (المحلول المغذي بعد فترة من غمره للجذور) من الأحواض أو الأنابيب في خزان خاص مهيء لهذا الغرض.
2. ضخ كميات من المحلول الراجع من الخزان الأول إلى خزان أخر عبر مرشحات خاصة للتعقيم وبذلك يكون لدينا خزان يحوي على محلول مغذي خالي من الوحدات اللقاحية (الأبواغ) للممرضات...
3. تعديل المحلول المٌعَقَم من خلال إضافة كميات إضافية له خلال مراحل نمو المحصول وتعديل التوصيل الكهربائي (Ec) ثم تعديل الأس الهيدروجيني للمحلول (pH) ليكون جاهزا للضخ في المنظومة ...
4. هناك وسائل تعقيم أخرى قد تكون مكلفة أو غير متوفرة عندنا منها الأوزون أو الأشعة الفوق بنفسجية (Ultra Violet) أو الحرارة .....
5. يتطلب التعقيم الحراري إمرار المحلول الراجع عبر صفائح ساخنة قد تبلغ درجة الحرارة فيها 97 مْ ولمدة عشرة ثواني ... ثم يمرر المحلول الساخن على صفائح مبردة . وجد بأن الطريقة المذكورة تقتل جميع البكتريا والفطريات.... وعلى الرغم من كفاءة هذه الطريقة ، إلا إنها مكلفة جدا.
6. يمكن تعريض المحلول الراجع على تيار من الأشعة الفوق بنفسجية بشدة 254 نانوميتر (254 nanameters) حيث يسبب هذا النوع من الضوء ضرر كبير على الحوامض النووية الخلوية لجميع الكائنات الحية وعادة ما يؤدي ذلك موت جميع تلك الكائنات. تعتمد كفاءة قتل الكائنات الحية على نوع الكائن فالبكتريا مثلا قد تقتل بجرعات قليلة والأبواغ أقل من الغزل الفطري ، بينما يتطلب جرعات عالية لقتل الفيروسات..تشير الدراسات التطبيقية إلى إن الجرعة $100mJ/cm^2$ ملائمة لمعاملة المحلول المغذي الراجع من الأحواض عند مكافحة التلوث الفطري فيه ، بينما ينصح بضعف ذلك أو بـ $250mJ/cm^2$ لقتل الفيروسات. وعلى الرغم من كفاءة الطريقة في تقليل التلوث ، إلا إن هناك تقارير تشير إلى عدم تحقيق تعقيم كامل لكل الملوثات عندما أستخدمت الأشعة الفوق بنفسجية في تعقيم المحلول المغذي في تقنية الفلم التغذوي لنباتات الخس .
7. يعتبر الأوزون الأكثر قوة في مكافحة جميع الأحياء المجهرية .. حيث يتم ضخ الأوزون في المحلول وفق سياقات محددة ... يمكن زيادة كفاءة التعقيم عندما ينخفض الأس الهيدروجيني (pH) للمحلول إلى 4.0 من خلال إضافة حامض النتريك .
8. يمكن إستخدام بيروكسيد الهيدروجين في تعقيم المياه القادمة من الأنهار أو الجداول وقبل دخولها في تحضير المحلول التغذوي ، فضلا عن إمكانية إستخدامه في تعقيم المحلول المغذي الراجع إن كان هناك تلوث بسيط بسبب إصابة عدد من النباتات . يستخدم بيروكسيد الهيدروجين على الرغم من أنه أضعف من الأوزون. يفضل أن يكون التركيز 100 جزء بالمليون تغمر فيه الجذور لمدة 5 دقائق بهدف قتل كامل لأبواغ الفطر المسبب لمرض الذبول الوعائي في الطماطة *F.oxysporum* f.sp. *lycopersici* على سبيل المثال ولو إن هذا التركيز قد يحفز تكشف أعراض السمية على النباتات.
9. يمكن كذلك إستخدام الأيودين في تعقيم المحاليل المغذية في الأنظمة التدويرية لمنظومة الفلم التغذوي لتنمية الخس.

10. يفضل أن تكون هناك مساحة مفصولة عن القاعة التي تتواجد فيها النباتات... لغرض الإجراءات الوقائية من خلال تعقيم العدد اليدوية وتعقيم الأيادي والأقدام وإرتداء الصداري المعقمة بالماء الحار وعدم الخروج لخارج المنضومة... لزيارة موقع آخر أو حقل أو لمس نباتات بدون تعقيم الأيادي....

وأخيرا ومنعا أو تجنبا لإعتماد العاملين على أحد الطرائق لمعالجة أخطائهم مستقبلا،.... فقد أجمع الكثير على عدم وجود طريقة واحدة ذات كفاءة عالية يمكن توضيفها لمعالجة اخطاء متراكمة كان بالإمكان عدم حدوثها..لذلك نؤكد على إن حرص العاملين في منظومات الزراعة المائية على تجنب إدخال أي مادة ملوثة بأي نوع من الممرضات يصاحبه توفر الوعي الوقائي عند العاملين لهو أفضل وسائل حماية العملية الإنتاجية للنباتات المزروعة.... ولكي تكون الصورة واضحة فإن للزراعة المائية إيجابيات عديدة قد تكون المنطقة العربية أو نسبة كبيرة من قطاع الإنتاج النباتي لكثير من محاصيل الخضر والزينة في أمس الحاجة إلى مثل هذه المنظومات لأن كثير من إيجابياتها عبارة عن حلول لمشاكل تعاني منها الزراعة في الوطن العربي وخاصة في الدول التي تعاني نباتاتها إجهادات متنوعة . يمكن تلخيص محاسن الزراعة المائية بالنقاط التالية وكما أوردها زميلي الدكتور إبراهيم شعبان السعداوي الإختصاص بفسلجة النبات والذي عملت معه في إدارة منظومات الزراعة المائية خلال تسعينيات القرن الماضي :

1. إرتفاع الطاقة الإنتاجية في المحاصيل المزروعة ، حيث تشير الدراسات إلى أن إنتاجية الزراعة المائية تفوق إنتاجية التربة بنسب قد تصل الى اكثر من الضعفين احيانا لمحاصيل الطماطة والبطاطا والبزاليا والخيار.

2. الإستغناء عن جميع عمليات تهيئة الحقول للزراعة التي تتضمن عمليات الحراثة والتعديل وفتح الخطوط والعزق، فضلا عن إحتمال وجود حاجة لتبديل التربة في الزراعة المحمية.
3. إختزال كمية المبيدات المستخدمة لمكافحة الممرضات والحشرات والأدغال وقد لاتستخدم على الإطلاق إعتمادا على كفاءة الكوادر العاملة.
4. الاختزال الكبير في كمية الماء حيث تلبي الزراعة بدون تربة متطلبات النباتات من المياه دون فقد جزء كبير منه.
5. إمكانية تشييد هذا النمط من الزراعة على ترب ملحية أو صخرية أو تربة غير صالحة للزراعة.
6. عدم الحاجة إلى دورة زراعية ، حيث بالإمكان زراعة أي محصول في حين تحتاج الزراعة بالتربة إلى دورة زراعية وبذلك تتحدد المحاصيل المراد زراعتها.
7. إمكانية تكرار زراعة المحصول الواحد عدة مرات خلال السنة عند توفر الظروف الملائمة .
8. الاختزال الكبير في الأرض من خلال زيادة الكثافة النباتية وإنعدام عامل التنافس على المغذيات من قبل الأدغال ، فمثلا بلغ إنتاج منظومة زراعة بدون تربة بمساحة 860 م^2 ما يعادل إنتاج مساحة 75 هكتار من الزراعة المكشوفة بإستخدام الري السطحي .
9. سرعة السيطرة على الأمراض التي تتكشف أعراضها على النباتات بسرعة فائقة.
10. اختزال الأسمدة المستخدمة، فالزراعة المائية تحتاج إلى أسمدة لاعضوية بتراكيز قليلة لنمو النباتات، في حين تحتاج الزراعة الأرضية وخاصة المحمية إلى كميات كبيرة من الأسمدة اللاعضوية والعضوية .
11. إمكانية تشيد منظومات الزراعة المائية في حقل مكشوف أوفي بيوت بلاستيكية أو في بيوت زجاجية وحسب نوع المحصول المراد زراعته ووقت الزراعة، ويجري في بعض البلدان من العالم استخدام هذا النمط من الزراعة في حدائق البيوت.
12. اختزال كبير في الأيدي العاملة.

13. جودة المحصول المنتج بالزراعة بدون تربة من حيث المظهر والقيمة الغذائية وخلوها تقريبا من متبقيات بعض المبيدات .

ومع وجود هذا الكم من الإيجابيات ، فقد سجل المختصون بعض المؤشرات التي تم تسطيرها تحت عنوان سلبيات الزراعة المائية وهي:

1. الكلفة العالية لإنشاء المنظومة
2. توفر المهارة والمعرفة لدى العاملين داخل المنظومات
3. صعوبات قد تواجه التسويق التجاري للمنتجات
4. الأجواء الحارة خلال شهور عديدة قد تجعل حماية النباتات من تأثير الشد الحراري صعبة ومكلفة لاتتاسب مع أسعار المنتج.
5. الإنتشار السريع لبعض الأمراض التي تصيب مسبباتها جذور النباتات عند إغفال المراقبة الدائمة .

المصادر

1. **Al-Sadawii, I. S.** 2012. Soilless Culture for Vegetable Crop Production. *Iraqi-datepalm.net*, 2012

2. **Van Os, E.A.; N.J. Van de Braak and G. Klomp**. (1988). Heat treatment for disinfecting drain water, technical and economic aspects. *Int. Soc. Soilless Culture Proc*. 1988: 353-359.

3. **Wohanka, W.** (1992). Slow sand filtration and UV radiation: low cost techniques for disinfection of recirculating nutrient solution or surface water. *Int. Soc. Soilless Culture Proc.* 1992:497-511.